

Vakuumvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Vakuumvorrichtung, die zur Erzeugung von Vakuum mehrere Kryopumpen aufweist.

Derartige Vakuumvorrichtungen weisen mehrere üblicherweise zueinander parallel geschaltete Kryopumpen auf, die mit einem oder mehreren Vakuumräumen verbunden sind. Ferner weist die Vakuumvorrichtung eine Kompressoreinrichtung auf, mit der das Kältemedium, üblicherweise Helium, komprimiert wird. Das komprimierte Kältemedium wird über Medium-Zuführleitungen zu den Kryopumpen gefördert, expandiert in der Kryopumpe und wird sodann über Medium-Rückführleitungen zur Kompressoreinrichtung zurückgeführt. Ggf. sind hierbei Reinigungseinrichtungen in der Medium-Leitung vorgesehen, um das Medium beispielsweise von Öl oder anderen Verunreinigungen zu reinigen. Hierdurch werden Kontaminationen des Mediums aus den Kryopumpen ferngehalten.

Üblicherweise handelt es sich bei den eingesetzten Kryopumpen um Zweistufen-Kryopumpen, die nach dem Gifford McMahon-Prinzip arbeiten. Innerhalb der Kryopumpe ist üblicherweise je Stufe ein Kolben, ggf. ein gemeinsamer Kolben vorgesehen. Bei jedem Kolbenhub wird Kältemedium transportiert und eine entsprechende Kühlung der beiden Stufen erreicht. Beispielsweise durch Strahlungswärme oder andere Temperatureinflüsse kann eine Erwärmung einzelner Pumpen auftreten. Ferner besteht das Problem, dass auf Grund der höheren Dichte eines Gases mit einer niedrigeren

- 2 -

Temperatur eine kältere Kryopumpe je Hub eine größere Menge Helium verarbeiten kann als eine wärmere Kryopumpe. Dies hat zur Folge, dass die vorhandene Menge an Helium, die auf Grund der Kompressorleistung begrenzt ist, von den kälteren Kryopumpen zu einem größeren Teil verbraucht wird, so dass sich die für die wärmeren Kryopumpen vorhandene Gasmenge verringert. Dies hat wiederum zur Folge, dass das Kühlen zu warmer Kryopumpen relativ lange dauert.

Zur Lösung dieses Problems ist es aus US 5,775,109 bekannt, den Gasfluss zu regulieren. Dies kann dadurch erfolgen, dass die Kryopumpe erwärmt wird, um zu vermeiden, dass diese eine erhöhte Menge an Kältemedium fördert. Ferner kann die Geschwindigkeit des Kolbens verringert oder der Kolben angehalten werden. Dies hat jedoch den Nachteil, dass sich der thermodynamische Wirkungsgrad verschlechtert, da die Kühler auf eine bestimmte Frequenz abgestimmt sind. Die in dem Helium gespeicherte Kälte wird somit nicht vollständig ausgenutzt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vakuumvorrichtung mit mehreren Kryopumpen zu schaffen, bei der die Temperatur der Kryopumpe auf einfache Weise und schnell geregelt werden kann.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Die erfindungsgemäße Vakuumvorrichtung weist mehrere mit einem oder mehreren Vakuumräumen verbundene Kryopumpen auf. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um Kryopumpen, die nach dem Gifford McMahon-Prinzip arbeiten und vorzugsweise einen Kühlkopf aufweisen. Mit Hilfe einer über Medium-Zuführleitungen und Medium-Rückführleitungen mit den Kryopumpen verbundenen Kompressoreinrichtung kann in den Kryopumpen Helium in zumindest zwei verschiedenen Druckniveaus bereitgestellt werden. Hierbei kann eine erfindungsgemäße Vakuumvorrichtung insbesondere mehr als fünf,

oder ggf. auch mehr als zehn Kryopumpen aufweisen, die zueinander parallel geschaltet sind. Derartige Systeme weisen sodann eine Kompressoreinrichtung mit mehreren, beispielsweise zwei oder drei Kompressoren, insbesondere Helium-Kompressoren, auf. Dies führt dazu, dass der erforderliche Energiebedarf relativ hoch ist und beispielsweise 10 bis 20 kW beträgt. Ferner weist die Vakuumvorrichtung zumindest eine Einstelleinrichtung auf, die unmittelbar einer Kryopumpe vorgeschaltet, d. h. zugeordnet ist. Mit Hilfe der Einstelleinrichtung kann die der Kryopumpe zugeführte Mediummenge gesteuert werden. Hierzu ist die Einstelleinrichtung mit einer Steuereinrichtung verbunden. Ferner ist eine Temperaturmessvorrichtung vorgesehen, die mit der Kryopumpe verbunden ist und insbesondere Temperaturen beider Stufen misst.

Die erfindungsgemäße Einstelleinrichtung ist in einer Medium-Zuführleitung einer Kryopumpe angeordnet und weist eine in der Medium-Zuführleitung angeordnete Drosseleinrichtung auf. Ferner weist die Einstelleinrichtung eine Verzweigung bzw. einen Drossel-Beipass auf, der die Drosseleinrichtung überbrückt. In der Drossel-Beipassleitung ist ein Ventil angeordnet. Dieses Ventil ist mit Hilfe der Steuereinrichtung steuerbar. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Einstelleinrichtung können somit insbesondere zwei Medium-Zuführzustände zu der Kryopumpe realisiert werden. In einem Zustand ist das in der Beipassleitung angeordnete Ventil geschlossen, so dass Medium nur durch die Drosseleinrichtung hindurch zu der Kryopumpe gelangt. In einer anderen Stellung ist das Ventil vollständig geöffnet, so dass eine maximale Mediummenge durch die Beipassleitung zu der Kryopumpe gelangt. Hierbei kann das Ventil in einer einfachen Ausführungsform als Schaltventil ausgebildet sein, das nur die beiden Zustände vollständig geschlossen oder vollständig offen aufweist.

Mit Hilfe der Steuereinrichtung ist es somit auf einfache Weise möglich, beispielsweise einer zu warmen Kryopumpe durch Öffnen des Ventils eine große Menge an Kältemedium zur Verfügung zu stellen. Hierbei kann gleichzeitig

durch Schließen oder Geschlossenhalten von Ventilen, die den ausreichend kalten Kryopumpen zugeordnet sind, vermieden werden, dass durch diese eine zu große Menge an Kältemedium abgeführt wird.

Besonders bevorzugt ist es, dass mehreren Kryopumpen eine derartige erfindungsgemäße Einstelleinrichtung zugeordnet ist. Insbesondere ist jeder Kryopumpe der Vakuumvorrichtung eine erfindungsgemäße Einstelleinrichtung zugeordnet. Hierdurch ist es möglich, auf einfache Weise sicherzustellen, dass einer zu warmen Kryopumpe eine ausreichende Menge an Kältemedium dargeboten werden kann, so dass die gewünschte Temperatur der Kryopumpe schnell erreicht werden kann.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist der Querschnitt der Drossel-Beipassleitung derart gewählt, dass eine maximale Mediumzufuhr möglich ist. Das in der Beipassleitung vorgesehene Ventil kann derart ausgebildet sein, dass der effektive Querschnitt des Ventils und somit die Medium-Durchflussmenge variiert werden kann. Das in der Beipassleitung angeordnete Ventil weist vorzugsweise einen Querschnittsdurchmesser von mehr als 6 mm auf. Die vorgesehene Düse weist einen Querschnittsdurchmesser von ca. 1 mm auf.

Ebenso ist es möglich, eine Drosseleinrichtung vorzusehen, deren effektive Querschnittsfläche eingestellt werden kann. Dies hat den Vorteil, dass die Querschnittsfläche der Drosseleinrichtung derart eingestellt werden kann, dass im Standardbetrieb die erforderliche Kältemediummenge durch diese Medium-Zuführleitung zu der Kryopumpe gelangt und das in der Beipassleitung angeordnete Ventil im Standardbetrieb geschlossen sein kann. Hierdurch ist es möglich, einer beispielsweise auf Grund von Wärmestrahlung zu warmen Kryopumpe eine ausreichend große Menge an Kältemedium, insbesondere Helium, zur Verfügung zu stellen. Eine große Menge an Kältemedium ist beispielsweise auch im Startbetrieb erforderlich.

Im Standardbetrieb wird von einer Kryopumpe üblicherweise nur ein Drittel des maximalen Kältemediums benötigt, um die Temperatur in der ersten und zweiten Stufe konstant zu halten. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vakuumvorrichtung ist es somit möglich, die Kapazität der Kompressoreinrichtung zu verringern, da auf Grund der Erfindung bei Spitzenbelastungen an einzelnen Kryopumpen eines Netzwerks ein geringerer Gesamt-Kältemittel-Verbrauch bzw. Kältemittelstrom erforderlich ist. Ebenso ist es möglich, bei Verwendung von Kompressoren gleichbleibender Kapazität mit Hilfe der Erfindung eine Reserve zu schaffen.

Nachfolgend wird die Erfindung an Hand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert:

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Vakuumvorrichtung und

Fig. 2 ein schematisches Flussdiagramm zur Steuerung des in der Drossel-Belpassleitung angeordneten Ventils.

Die Vakuumvorrichtung weist mehrere Kryopumpen 10 auf, die mit einem oder mehreren nicht dargestellten Vakuumräumen verbunden sind. Die Kryopumpen 10 sind zueinander parallel angeordnet und über Medium-Zuführleitungen 12 und Medium-Rückführleitungen 14 mit einer zwei Kompressoren 16 aufweisenden Kompressoreinrichtung verbunden.

In den einzelnen Medium-Zuführleitungen 12, die unmittelbar einer Kryopumpe 10 zugeordnet sind, ist jeweils eine Einstelleinrichtung 18 zur Steuerung der der Kryopumpe zugeführten Mediummenge vorgesehen. Die Einstelleinrichtung 18 weist eine Verzweigung der Medium-Zuführleitung 12 in

zwei zueinander parallel verlaufende Leitungen 20, 22 auf. Hierbei ist in der ersten Leitung 20 eine Drosseleinrichtung 24 und in der zweiten Leitung 22 ein Ventil 26 vorgesehen.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Ventile 26 über gestrichelt dargestellte elektrische Leitungen mit einer Steuereinrichtung 28 verbunden. Mit der Steuereinrichtung 28 sind ferner über ebenfalls gestrichelt dargestellte elektrische Leitungen in den Kryopumpen 10 vorgesehene Temperaturmessvorrichtungen verbunden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Drosseleinrichtung 24 nicht variabel, sondern weist einen konstanten Querschnitt auf. Ferner handelt es sich bei dem Ventil 16 um ein Schaltventil, das entweder geschlossen oder geöffnet sein kann. Eine Zwischenstellung weist dieses Ventil nicht auf.

Die der Steuereinrichtung 28 beispielsweise hinterlegte Funktionsweise ist in Fig. 2 dargestellt. Hierbei wird in einem ersten Schritt 30 die Temperatur einer ersten Stufe einer bestimmten Kryopumpe 10 mit einem Zielwert verglichen. Ist die gemessene Temperatur der ersten Stufe höher als der Zielwert, d. h. ist die erste Stufe der Kryopumpe 10 zu warm, ist die Abfrage mit „ja“ zu beantworten, so dass in dem Schritt 32 ein Öffnen des zugehörigen Ventils 26 erfolgt.

Übersteigt die Temperatur der ersten Stufe den Zielwert nicht, so erfolgt im nächsten Schritt 34 ein Überprüfen der Temperatur der zweiten Stufe hinsichtlich eines zweiten Zielwertes, der sich von dem im Schritt 30 überprüften ersten Zielwert unterscheidet. Entsprechend dem Schritt 30 erfolgt die Entscheidung „ja“ sofern die Temperatur der zweiten Stufe den Zielwert übersteigt, d. h. die zweite Stufe zu warm ist. Dies hat wiederum im Schritt 32 ein Öffnen des Ventils 26 zur Folge.

Ist auch die zweite Stufe kalt genug und übersteigt somit den Zielwert nicht, lautet die Entscheidung „nein“ und das Ventil bleibt geschlossen (Schritt 36).

Die vorstehend beschriebene Abfrage der einzelnen Kryopumpen erfolgt in regelmäßigen Abständen. Die Steuerung der Ventile kann insbesondere bei Ventilen, die auch teilweise geöffnet oder geschlossen werden können, noch verfeinert werden. Hierzu werden beispielsweise weitere Zielwerte bzw. Schwellwerte definiert.

Patentansprüche**1. Vakuumvorrichtung mit**

mehreren mit einem oder mehreren Vakuumräumen verbundenen Kryopumpen (10),

einer über Medium-Zuführleitungen (12) und Medium-Rückführleitungen (14) mit den Kryopumpen (10) verbundenen Kompressoreinrichtung (16),

einer zumindest eine der Kryopumpen (10) vorgeschalteten Einstelleinrichtung (18) zur Steuerung der der Kryopumpe (10) zugeführten Mediummenge,

einer mit der Kryopumpe (10) verbundenen Temperaturmessvorrichtung und

einer mit der Einstelleinrichtung (18) und der Temperaturmessvorrichtung verbundenen Steuereinrichtung (28)

dadurch gekennzeichnet, dass

die Einstelleinrichtung (18) eine in der entsprechenden Medium-Zuführleitung (12) angeordnete Drosseleinrichtung (24) und ein innerhalb einer Drossel-Beipassleitung (22) angeordnetes Ventil (26) aufweist.

2. Vakuumvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Drossel-Beipassleitung (22) für eine maximale Mediumzufuhr ausgelegt ist.

3. Vakuumvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosseleinrichtung (24) einen Querschnitt aufweist, der für die für Standardbetrieb erforderliche Mediumzufuhr ausgelegt ist.
4. Vakuumvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsfläche der Drosseleinrichtung (24) einstellbar ist.
5. Vakuumvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflussmenge des Ventils (26) einstellbar ist.
6. Vakuumvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Kryopumpe (10) eine Einstelleinrichtung (18) vorgeschaltet ist.

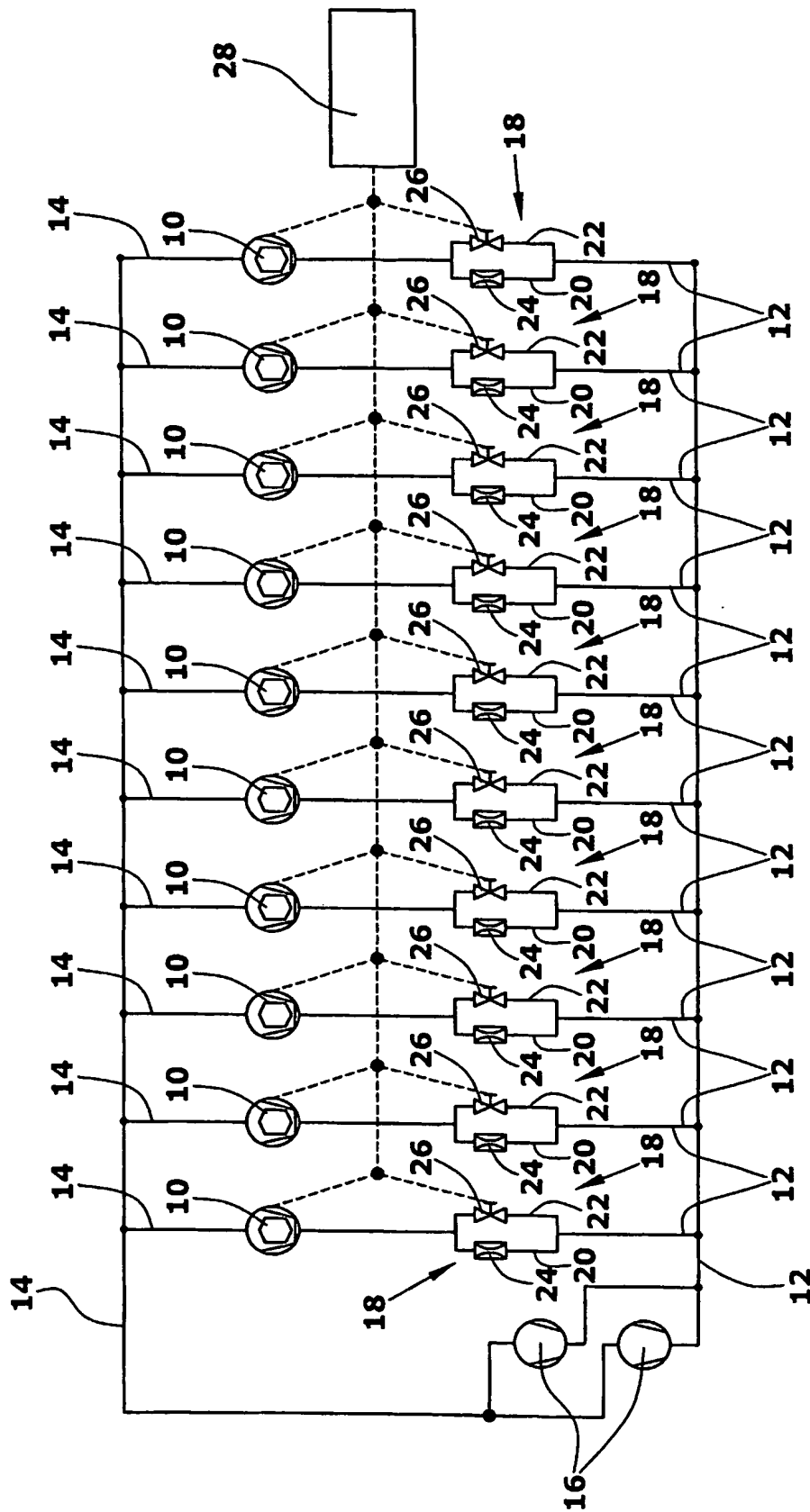


Fig.1

- 2/2 -

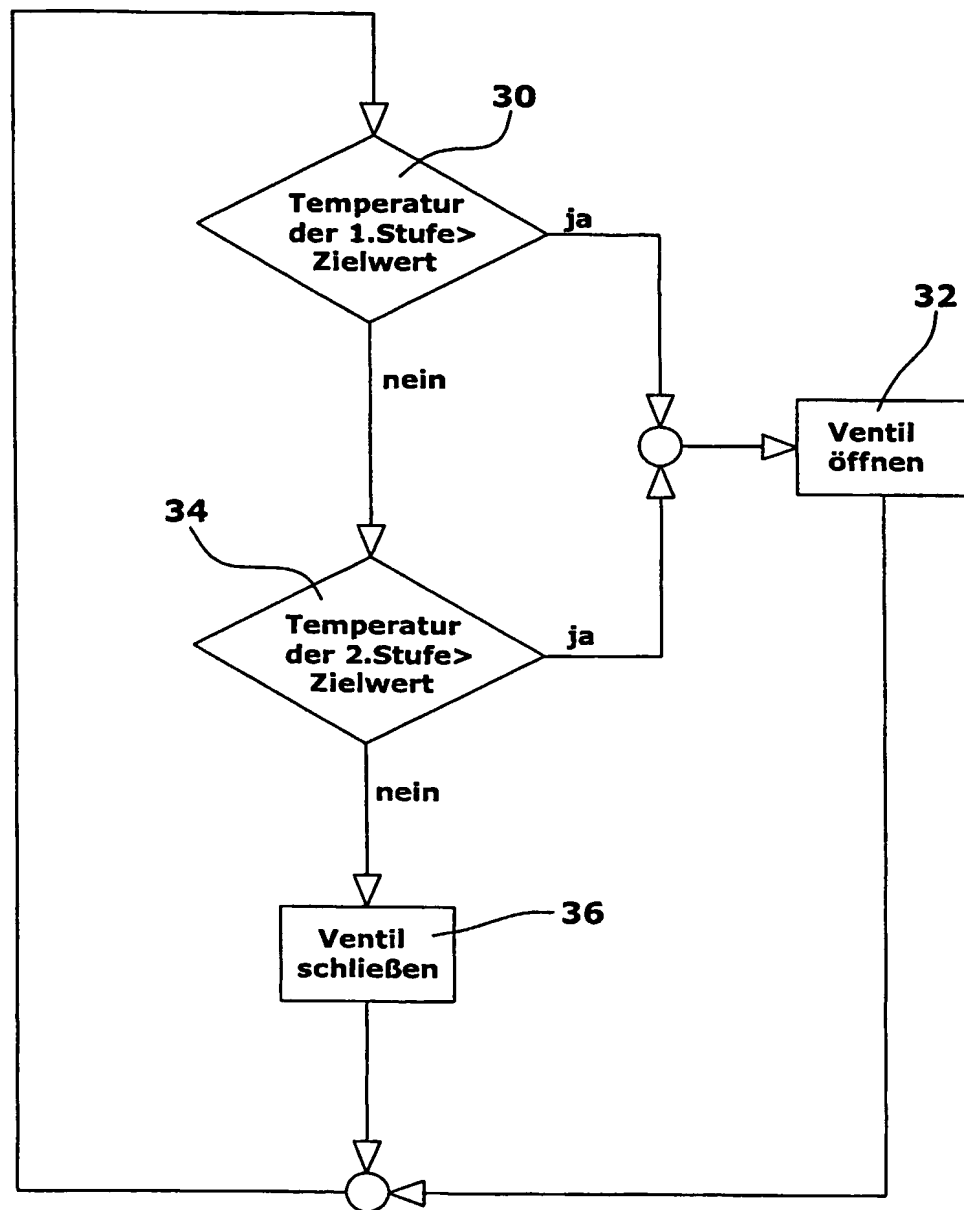


Fig.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC/EP2004/007763

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F25B9/14 F25B41/04 F04B37/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F25B F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A | US 5 010 737 A (OKUMURA NOBUO ET AL) 30 April 1991 (1991-04-30) column 2, line 23 - column 3, line 3; figures 1,2 ----- | 1-6 |
| A | US 5 775 109 A (YAMARTINO STEPHEN J ET AL) 7 July 1998 (1998-07-07) cited in the application column 4, line 45 - line 65; figure 3 ----- | 1-6 |
| A | US 5 386 708 A (KISHORENATH HURULI D ET AL) 7 February 1995 (1995-02-07) abstract ----- | 1-6 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 October 2004

Date of mailing of the international search report

28/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ritter, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/007763

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|------------|---------------------|
| US 5010737 | A | 30-04-1991 | JP | 2926853 B2 | 28-07-1999 |
| | | | JP | 3015677 A | 24-01-1991 |
| ----- | | | | | |
| US 5775109 | A | 07-07-1998 | NONE | | |
| ----- | | | | | |
| US 5386708 | A | 07-02-1995 | NONE | | |
| ----- | | | | | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC/EP2004/007763

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F25B9/14 F25B41/04 F04B37/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F25B F04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | US 5 010 737 A (OKUMURA NOBUO ET AL) 30. April 1991 (1991-04-30) Spalte 2, Zeile 23 - Spalte 3, Zeile 3; Abbildungen 1,2 | 1-6 |
| A | US 5 775 109 A (YAMARTINO STEPHEN J ET AL) 7. Juli 1998 (1998-07-07) in der Anmeldung erwähnt Spalte 4, Zeile 45 - Zeile 65; Abbildung 3 | 1-6 |
| A | US 5 386 708 A (KISHORENATH HURULI D ET AL) 7. Februar 1995 (1995-02-07) Zusammenfassung | 1-6 |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ritter, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007763

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| US 5010737 | A | 30-04-1991 | JP | 2926853 B2 | 28-07-1999 |
| | | | JP | 3015677 A | 24-01-1991 |
| US 5775109 | A | 07-07-1998 | KEINE | | |
| US 5386708 | A | 07-02-1995 | KEINE | | |